



AUSLEGESCHRIFT

1 203 978

Deutsche Kl.: 42 h - 21

Nummer: 1 203 978
Aktenzeichen: Z 9319 IX a/42 h
Anmeldetag: 23. März 1962
Auslegetag: 28. Oktober 1965

1

Die Erfindung betrifft ein Spektralpolarimeter mit Monochromator, Polarisator, Analysator und lichtempfindlichem Empfänger.

Es ist bekannt, daß in Polarimetern als Polarisatoren häufig Prismen nach Glan — Thomson verwendet werden. Ein Polarisationsprisma nach Glan — Thomson besteht aus zwei rechtwinkligen Prismen aus einem doppelbrechenden Kristall-, z. B. aus Kalkspat, deren Hypotenusenflächen miteinander verkittet sind. Die Polarisationswirkung beruht darauf, daß von dem durch eine Kathetenfläche eintretenden Licht der ordentliche Strahl an der Hypotenusenfläche total reflektiert wird, während der außerordentliche Strahl hindurchgeht. Das zweite Prisma dient dazu, den Polarisator für alle Wellenlängen gerad-

15 dichtig zu machen.
Im UV-Gebiet ist es vorteilhaft, die beiden Teilprismen nicht zu verkitten, sondern eine dünne Luftschicht zwischen ihnen stehen zu lassen. Solche Polarisatoren werden Glan-Prismen oder Glan-Polarisatoren genannt.

Fig. 1a zeigt schematisch den Strahlenverlauf in einem Glanprisma. Eingetragen in die Figur sind der ordentliche Grenzstrahl o und der außerordentliche Grenzstrahl e , für die der Polarisator seine Funktion gerade noch erfüllt. Die Einfallswinkel i_1 (positiv vom Einfallslot gegen den Uhrzeigersinn gezählt)

Spektralpolarimeter

Anmelder:

Fa. Carl Zeiss, Heidenheim/Brenz

Als Erfinder benannt:

Dr. phil. Paul Kuttner, Innsbruck (Österreich) - -

2

für den Grenzstrahl o und i_2 (positiv vom Einfallslot gegen den Uhrzeigersinn gezählt) für den Grenzstrahl o und i_2 (positiv vom Einfallslot im Uhrzeigersinn gezählt) für den Grenzstrahl e sind dadurch bestimmt, daß beide Strahlen auf die Hypotenusenfläche des Prismas mit den Grenzwinkeln der Totalreflexion α und β auftreten, daß also gilt:

$$\sin \alpha = \frac{1}{\omega}, \quad \sin \beta = \frac{1}{\varepsilon},$$

wenn ω und ε die Brechzahlen für ordentlichen und außerordentlichen Strahl sind.

Mit dem Schnittwinkel s des Prismas erhält man

$$\sin i_1 = \omega \cdot \sin \varrho_1 = \omega \cdot \sin (s - \alpha) = \sqrt{\omega^2 - 1} \cdot \sin s - \cos s,$$

$$\sin i = \varepsilon \cdot \sin \varrho_2 = \varepsilon \cdot \sin (\beta - s) = \sqrt{\varepsilon^2 - 1} \cdot \sin s + \cos s.$$

Zwischen diesen Grenzen müssen die Einfallswinkel von Lichtstrahlen liegen, die vollständig polarisiert werden sollen. Der Öffnungswinkel γ eines linear zu polarisierenden Strahlenbündels darf daher den Wert $\frac{i_1 + i_2}{2}$ nicht überschreiten, aus Sicherheitsgründen wird man, wie in Fig. 1a angedeutet, einen etwas kleineren Öffnungswinkel wählen. Ist der Öffnungswinkel γ durch das dem Polarisator vorgeschaltete Instrument in einem Spektralpolarimeter z. B. durch einen Monochromator gegeben, so muß, wenn der volle Öffnungswinkel ausgenutzt werden soll, der Schnittwinkel s so bemessen werden, daß

$$\frac{i_1 + i_2}{2} \geq \gamma$$

wird.

Fig. 2 zeigt die Abhängigkeit von i_1 und i_2 von der Wellenlänge für ein Glanprisma aus Kalkspat

mit den Schnittwinkeln $s_1 = 39^\circ 32'$ oder $s_2' = 38^\circ 23'$.

Der Schnittwinkel $s_1 = 39^\circ 32'$ wurde für ein Polarimeter, das nur bei der Wellenlänge 589 nm benutzt werden soll, so berechnet, daß bei dieser Wellenlänge $i_1 = i_2$ ist. Dann kann ein Strahlenbündel mit dem Öffnungswinkel $\gamma = i_1$ (589 nm) = i_2 (589 nm), dessen Achse A normal zur Eintrittsfläche des Polarisators steht, linear polarisiert werden.

Der Schnittwinkel $s_2' = 38^\circ 23'$ wurde für ein Spektralpolarimeter berechnet, das in dem Wellenlängenbereich von 200 bis 1000 nm benutzt werden soll.

Hier wird der Schnittwinkel s so gewählt, daß der Grenzwinkel i_1 für den ordentlichen Strahl an der langwelligen Grenze gleich dem Grenzwinkel i_2 für den außerordentlichen Strahl an der kurzwelligen Grenze des Spektralbereiches ist, in diesem Beispiel also so, daß

$$i_{1min} = i_1(1000 \text{ nm}) = i_{2min} = i_2(200 \text{ nm})$$

ist. Damit wird erreicht, daß über den ganzen Spektralbereich ein Bündel mit der Öffnung $\gamma = i_{1min} = i_{2min}$, dessen Achse normal zur Eintrittsfläche des Polarisators steht, linear polarisiert werden kann.

Fig. 1b zeigt schematisch den ordentlichen und außerordentlichen Grenzstrahl sowie die Winkelhalbierende W zwischen diesen beiden Strahlen und die Achse des linear zu polarisierenden Strahlenbündels, das schraffiert angedeutet ist, für die langwellige Grenze des Spektralbereichs. Fig. 1c zeigt die gleichen Größen an der kurzwelligen Grenze des Spektralbereichs. Da die Winkelhalbierende W im allgemeinen nicht mit der Normalen zur Eintrittsfläche des Polarisators zusammenfällt, wird durch die Forderung, daß die Achse A des linear zu polarisierenden Strahlenbündels normal auf der Eintrittsfläche des Polarisators stehen soll, der ausnutzbare Öffnungswinkel γ stärker eingeschränkt als durch die von den Eigenschaften des Polarisators abgeleitete Forderung $2\gamma \leq i_1 + i_2$.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, für ein Spektralpharimeter einen Polarisator zu finden, der über einen großen gegebenen Spektralbereich einen großen Öffnungswinkel auszunutzen gestattet. Der Öffnungswinkel ist beim Glan-Prisma beschränkt durch die Bedingung, daß für alle Einfallswinkel innerhalb des Öffnungswinkels der ordentliche Strahl an der Schnittfläche total reflektiert werden soll, der außerordentliche Strahl dagegen durch die Schnittfläche hindurchgehen soll.

Gemäß der Erfindung zeichnet sich ein Spektralpharimeter der obengenannten Art dadurch aus, daß eine Drehung von Polarisator und Analysator um einen Winkel φ so erfolgt, daß die optische Achse des auf das polarisierende Element einfallenden Lichtbündels für jede Wellenlänge eines großen Bereichs zusammenfällt mit der Winkelhalbierenden W des Winkels $\frac{i_1 + i_2}{2}$, wobei $\sin i_1 = \omega \cdot \sin(s - \alpha)$, $\sin i_2 = \varepsilon \sin(\beta - s)$, s der Schnittwinkel der Prismen, ω und ε die Brechungsindizes sowie α und β die Grenzwinkel der Totalreflexion für den ordentlichen bzw. den außerordentlichen Strahl bei Prismenpolarisatoren sind.

Gemäß der Erfindung wird also in einem Spektralpharimeter der über einen größeren Spektralbereich ausnutzbare Öffnungswinkel des Polarisators erhöht, indem der Polarisator um eine Achse gedreht wird, die zu den brechenden Kanten der beiden Teilprismen des Polarisators parallel ist. Die Drehung erfolgt so, daß die Winkelhalbierende W zwischen ordentlichem und außerordentlichem Grenzstrahl des Polarisators zusammenfällt mit der Achse A des linear zu polarisierenden Strahlenbündels, die als Achse der dem Polarisator vor- oder nachgeschalteten optischen Elemente vorgegeben ist, z. B. als optische Achse des dem Polarisator vorgeschalteten Monochromators.

Der Winkel φ , um dem der Polarisator gedreht wird, ist gleich dem Winkel zwischen der Normalen zur Eintrittsfläche des Polarisators und der Winkelhalbierenden zwischen ordentlichem und außerordentlichem Grenzstrahl, mit den nach Fig. 1a festgelegten Vorzeichen für i_1 und i_2 ist also

$$\varphi = \frac{i_1 - i_2}{2}.$$

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit dieses Winkels von der Wellenlänge bei einem Glanprisma aus Kalkspat mit dem Schnittwinkel $s = 38^\circ 23'$.

Der Öffnungswinkel γ des linear zu polarisierenden Strahlenbündels ist nach der Drehung des Polarisators nur noch durch die Forderung $2\gamma \leq i_1 + i_2$ beschränkt.

Wenn wie beim Kalkspat $i_1 + i_2$ mit wachsender Wellenlänge abnimmt, so ist der (als von der Wellenlänge unabhängig vorausgesetzte) Öffnungswinkel durch die Summe der Grenzwinkel für ordentlichen und außerordentlichen Strahl an der langwelligen Grenze des benutzten Spektralbereichs gegeben, also

$$\gamma \leq \frac{i_1(\lambda_{max}) + i_2(\lambda_{max})}{2}.$$

Für die Wahl des Schnittwinkels s sind der geforderte Öffnungswinkel γ des Strahlenbündels und die Absorption des Materials des Polarisators maßgebend. Mit zunehmendem Schnittwinkel wird der ausnutzbare Öffnungswinkel $\frac{i_1 + i_2}{2}$ größer, aber auch die Länge l des Polarisators und damit die Absorption.

Zeigt das Polarisatormaterial keine starke Absorption, so wird man den Schnittwinkel so wählen, daß der ausnutzbare Öffnungswinkel über den ganzen Spektralbereich größer oder gleich dem Öffnungswinkel der vor- oder nachgeschalteten optischen Elemente ist. Zeigt das Polarisatormaterial dagegen starke Absorption, wie z. B. der Kalkspat bei kurzen Wellenlängen, so wird man den Schnittwinkel so wählen, daß ein möglichst großer Lichtstrom durch das Spektralpharimeter geleitet werden kann. Der optimale Schnittwinkel liegt zwischen dem Wert von s , bei dem der ausnutzbare Öffnungswinkel größer oder gleich dem Öffnungswinkel der dem Polarisator vor- oder nachgeschalteten optischen Elemente ist, dafür aber der Polarisator lang ist, und sehr kleinen Werten von s , bei denen der Polarisator kurz, dafür aber der ausnutzbare Öffnungswinkel klein ist, für die also die vor- oder nachgeschalteten optischen Elemente teilweise abgeblendet werden müssen.

Patentansprüche:

1. Spektralpharimeter mit Monochromator, Polarisator, Analysator und lichtempfindlichem Empfänger, dadurch gekennzeichnet, daß eine Drehung von Polarisator und Analysator um einen Winkel φ so erfolgt, daß die optische Achse des auf das polarisierende Element einfallenden Lichtbündels für jede Wellenlänge eines großen Bereichs zusammenfällt mit der Winkelhalbierenden W des Winkels $\frac{i_1 + i_2}{2}$, wobei $\sin i_1 = \omega \cdot \sin(s - \alpha)$, $\sin i_2 = \varepsilon \sin(\beta - s)$, s der Schnittwinkel der Prismen, ω und ε die Brechungsindizes sowie α und β die Grenzwinkel der Totalreflexion für den ordentlichen bzw. den außerordentlichen Strahl bei Prismenpolarisatoren sind.

2. Spektralpholarimeter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Prismenpolarisator und -analysator die Drehachsen durch den Schnittpunkt der optischen Achse des Polarimeters mit den die Polarisierung bewirkenden Flächen verlaufen.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 386 537, 454 135;
deutsche Auslegeschrift Nr. 1 107 419;
J. Opt. Soc. Am., 45 (1955), S. 50 bis 59;
E. Leitz — Druckschrift, »E — Polarimeter«, Liste 63 bis 2 IV/59/LX/SD.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

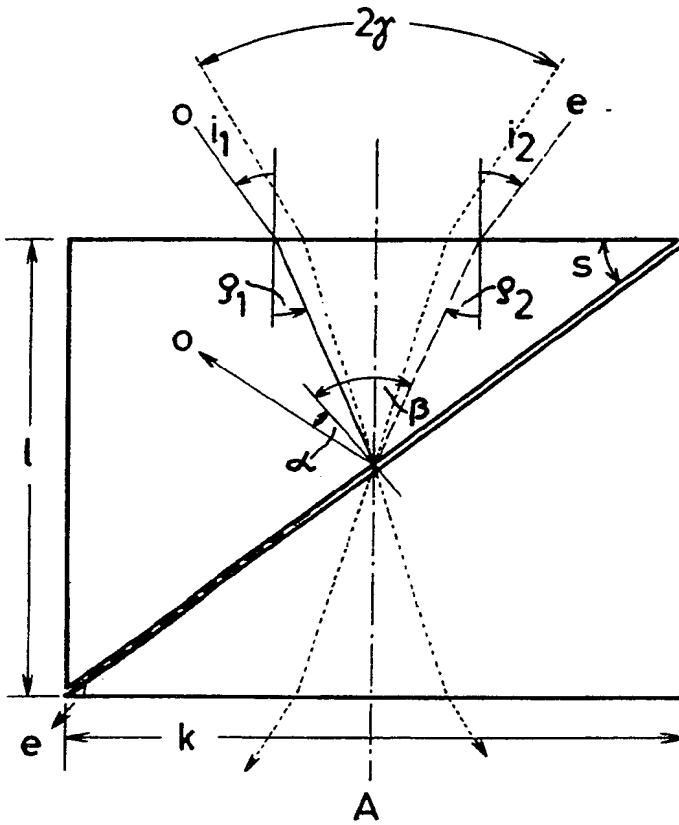


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1d

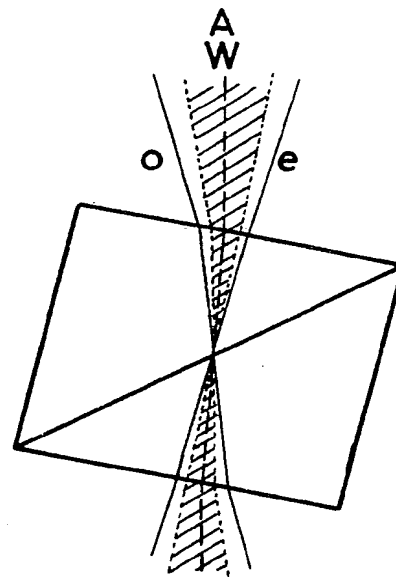
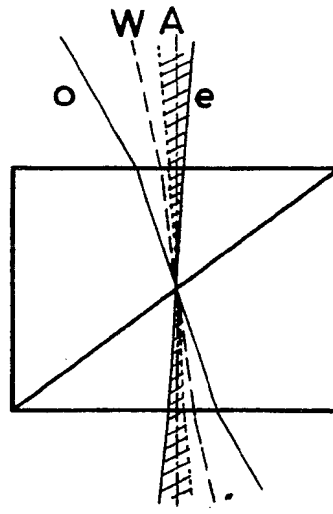
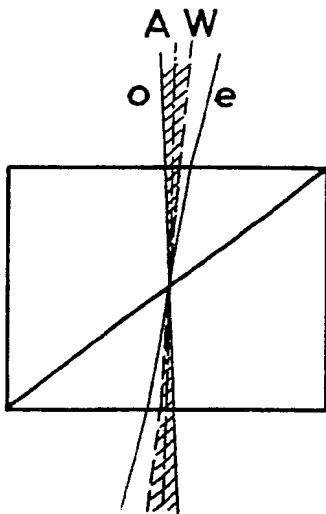


Fig. 2

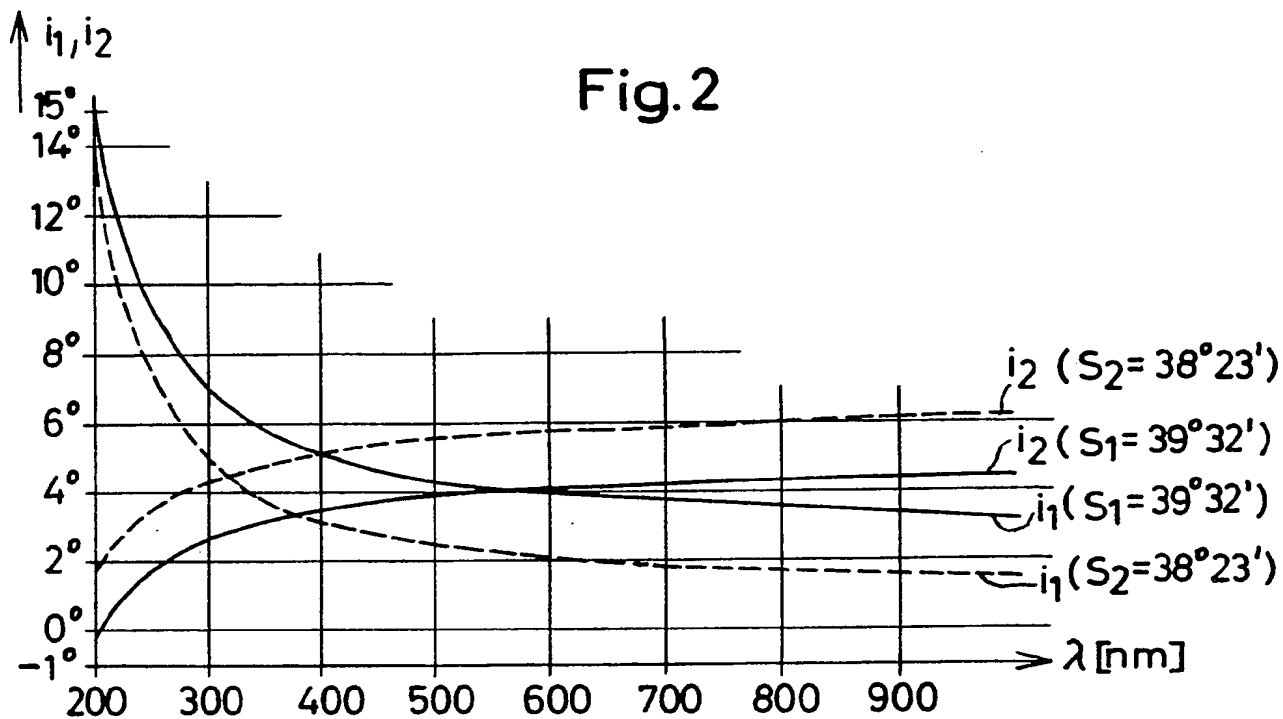
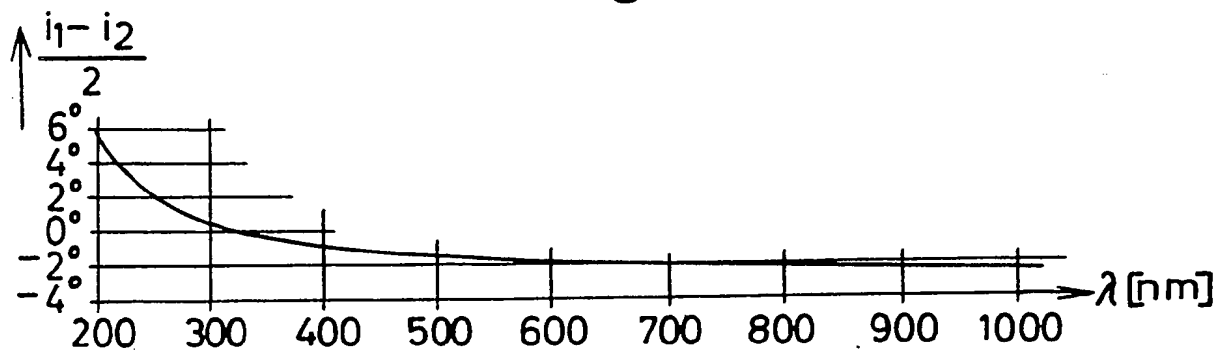


Fig. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)